

Получение и контроль люминесцентных микрообластей с помощью Ntega Spectra

С.В. Стецюра, Д.Н. Браташов

ФГБОУ ВО «Саратовский национальный исследовательский государственный университет имени Н.Г. Чернышевского», 410012, Саратов, Россия
stetsyurasv@mail.ru

Проведен лазерный отжиг и регистрация изменений топологии и спектров люминесценции тонких поликристаллических пленок твердых растворов $\text{CdS}_x\text{Se}_{1-x}$ с помощью установки Ntega Spectra.

Obtaining and control of luminescent microregions with Ntega Spectra

S.V. Stetsyura, D.N. Bratashov

Saratov State University, 410012, Saratov, Russia

Laser ablation was conducted and changes in luminescence spectra and surface morphology were registered with Ntega Spectra device for thin polycrystalline films of $\text{CdS}_x\text{Se}_{1-x}$ solid solutions.

В настоящее время существует проблема управления свойствами полупроводников, на которых формируются субмикронные участки с заданными физико-химическими параметрами поверхности. Актуальность проблемы, в частности, определяется необходимостью создания биочипов, на поверхности которых в определенных местах располагаются различные функциональные группы. Одним из путей решения этой задачи является создание управляемого топологического и потенциального рельефа на поверхности полупроводника с помощью локального лазерного отжига. Установка типа Ntega Spectra дает возможность проводить локальный отжиг встроенным лазером и регистрировать изменения морфологии и спектров фотолюминесценции (ФЛ) *in situ*.

Механизмы и последствия воздействия лазерного излучения высокой интенсивности на полупроводники изучаются достаточно давно [1], при этом результаты воздействия весьма различны и зависят от характеристик полупроводника и параметров лазерного облучения. В данной работе показана возможность создания микронных областей, возникающих в результате быстрых фазовых превращений под действием лазерного луча в пленках $\text{CdS}_x\text{Se}_{1-x}$ толщиной до 1 мкм.

Исследуемые пленки были получены термическим испарением в вакууме из шихты, содержащей 45 вес. % CdS и 55 вес.% CdSe. В качестве подложки использовалось полированное стекло с собственной шероховатостью поверхности, не превышающей 12 nm. Эксперименты проводились на установке Ntega Spectra (NT-MDT). Рельеф поверхности контролировали с помощью метода атомно-силовой микроскопии (АСМ) в полуконтактном режиме при использовании кремниевоего кантилевера NSG01 (NT-MDT). Отжиг проводился встроенным лазером с длиной волны $\lambda = 473$ nm. При диаметре 0,7 μm области фокуса объектива 100x/0.90 Mplan FL N микроскопа Olympus IX-71 для данного лазера максимальная плотность мощности падающего пучка составляла порядка 140 $\text{mW}/\mu\text{m}^2$ в непрерывном режиме облучения. Мощность облучения в процессе измерения регулировалась управляемым нейтральным светофильтром, с помощью которого устанавливались значения в диапазоне 35 μW – 35 mW. Одновременно с отжигом проводилась регистрация спектров ФЛ *in situ*. Регистрация спектров ФЛ проводилась спектрометром Solar-TII, также являющимся частью установки Ntega Spectra.

Последовательность измерения спектров ФЛ следующая: сначала измерялся спектр ФЛ при минимальной мощности лазера, далее мощность увеличивалась и при достижении скачкообразного изменения положения и интенсивности спектра мощность уменьшалась обратно до минимума. Время регистрации каждого спектра – 36 ms. Первоначально

максимум ФЛ был на $\lambda=612$ nm, что соответствует межзонным переходам в кубической модификации не отожжённого твердого раствора $\text{CdS}_{0,57}\text{Se}_{0,43}$. При увеличении мощности лазера выше 0,35 mW максимум ФЛ сдвигается в сторону больших λ пропорционально мощности излучения и сопровождается одновременным уширением всего спектра и снижением интенсивности ФЛ. Наибольший уход λ (до 690 nm), соответствующей пику ФЛ, был зарегистрирован при мощности облучения 35 mW. В течение долей секунды после установления значения мощности 35 mW был зарегистрирован скачкообразный необратимый сдвиг спектра ФЛ обратно в сторону более коротких длин волн (на 660 nm) и одновременное увеличение его интенсивности (более чем на порядок), что свидетельствует о протекании при этих условиях быстрого фазового перехода, имеющего пороговый характер. После фазового перехода λ , соответствующая пику ФЛ, перестаёт зависеть от интенсивности лазерного облучения, но растёт интенсивность пика ФЛ.

Оценка нагрева пленки до фазового перехода была проведена по формуле Варшни, которая описывает температурную зависимость эффективной запрещенной зоны объемного полупроводника. Расчет по формуле Варшни дает значение температуры 530°C для максимального сдвига пика ФЛ в коротковолновую область. Из [2,3] известно, что при такой температуре интенсивно происходит сенсibiliзирующий отжиг $\text{CdS}_x\text{Se}_{1-x}$ и переход структуры сфалерита в вюрцит. Поскольку используемая в эксперименте плотность мощности лазера способна приводить к гораздо большим изменениям температуры полупроводниковых мишеней [1], очевидно, что оставшаяся энергия затрачивается на фазовые превращения, последствия которых мы наблюдаем также на АСМ-изображениях (Рис. 1) и спектрах ФЛ.

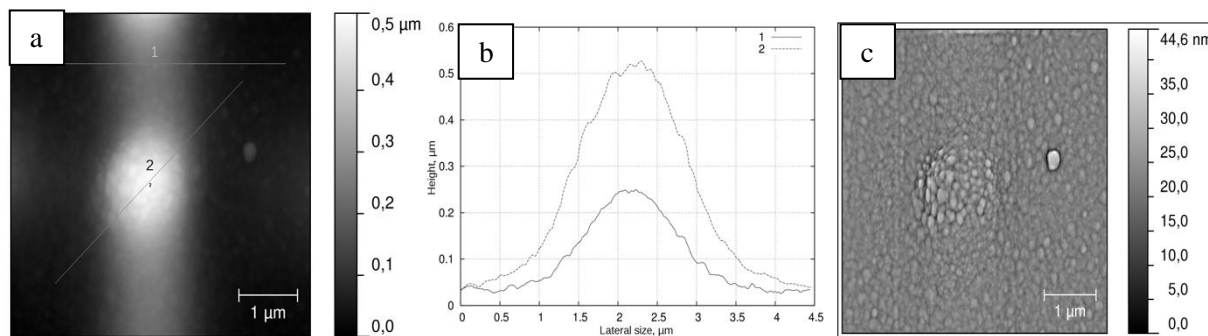


Рисунок 1. АСМ изображения поверхности $\text{CdS}_{0,57}\text{Se}_{0,43}$:

- а – участок после воздействия лазером при 35 mW;
- б – профили рельефа поверхности вдоль линий на рис. 1а;
- с – изменение текстуры поверхности $\text{CdS}_{0,57}\text{Se}_{0,43}$ в результате лазерного воздействия (из рис. 1а с помощью ВЧ фильтра пространственных частот).

Таким образом, показано, что огромные скорости лазерного отжига, не достижимые при обычном тепловом нагреве, позволили стимулировать «мгновенный» фазовый переход. Надо отметить, что при обычном термическом отжиге на воздухе переход кубической модификации $\text{CdS}_x\text{Se}_{1-x}$ в гексагональную происходит в диапазоне от 250°C до 700°C. Поскольку при температурах отжига $\geq 600^\circ\text{C}$ начинается интенсивное окисление пленок указанного состава [4], то отжиг в печи проводят при меньших температурах, не получая полного перехода структуры в гексагональную модификацию [5, 6].

Исследования проведены при поддержке РФФИ (проект № 16-08-00524_а).

1. С.А. Ахманов, В.П. Емельянов и др., *УФН*, **147** (4). 675-745 (1985).
2. А. Вехт, *Физика тонких пленок* (М: Мир), **3**, 173 (1968).
3. I.V. Malyar, S.V. Stetsyura, *Tech. Phys. Lett.*, **45** (7), 888-893 (2011).
4. R.I. Dimitrov, N. Moldovanska, I.K. Bonev, *Thermochimica acta*, **385**, 41-49 (2002).
5. A.G. Rokakh, S.V. Stetsyura et.al., *Inorganic Materials*, **35** (5), 452- 454 (1999).
6. А.Г. Роках, С.В. Стецюра, *Неорганические материалы*, **33** (2). 198-200 (1997).